

Zur Ökologie des Schneefinken  
(*Montifringilla nivalis*):  
Raumnutzung im Winter und Sommer mit  
besonderer Berücksichtigung  
der Winterschlafplätze

von

**Philippe H. HEINIGER \***

Mit 11 Abbildungen

ABSTRACT

**Ecology of the Snowfinch (*Montifringilla nivalis*): use of home range in winter and summer with special reference to the winter roosting sites.** — A population of 600-800 snowfinches was studied in the alpine-nival zone (1800-4150 m above sea level) of the Jungfrau Region (Bernese Oberland, Switzerland) during the whole year from 1981 to 1988. This study is part of a series of publications around the ecology of the snowfinch and focuses on the most important adaptations of this bird to the high alpine environment in winter. It examines the energy saving strategies. The use of the winter home range (19 km<sup>2</sup>) and the significance of the winter roosting sites (2500-3000 m) in the Eiger Northface for the birds' survival are discussed. Further results are presented concerning the splitting-up of the winter population (650 km<sup>2</sup>) and the formation of the breeding colonies.

Untersuchungen zu Anpassungen der Avifauna an Kälteklimata wurden bisher vorwiegend im nordamerikanischen und -europäischen Raum unternommen. Das Schwergewicht lag auf physiologischen (z.B. SCHOLANDER *et al.* 1950a, b, c, IRVING & KROG 1955, GESSAMAN 1972, CALDER & KING 1974, WEST 1976) und brutbiologischen Fragen (VON HAARTMAN 1957, CODY 1966, PULLIAINEN 1977, JÄRVINEN 1983, 1984). Die

---

\* Zoologisches Institut der Universität Bern, Baltzerstrasse 3, CH-3012 Bern.

Biologie der wenigen überwinternden Vögel und ihre damit verbundenen Überlebensstrategien sind in hohen Breitengraden kaum bekannt, da die Mehrheit der Vögel den arktischen und subarktischen Raum nach der Brut verlässt.

Aus dem alpin-nivalen Bereich der mitteleuropäischen Gebirge liegen bezüglich der Avifauna allgemein sehr wenige Erkenntnisse vor. Eingehend wurden in den Alpen nur die Raufusshühner, insbesondere Schnee- und Birkhuhn (PAULI 1974, 1978, BOSSERT 1980, ZBINDEN 1980, FASEL & ZBINDEN 1984) untersucht. Die Biologie alpiner Singvögel ist nur lückenhaft bekannt; Aussagen zu den Anpassungen an die harten Umweltbedingungen der Alpen sind kaum möglich.

Der Schneefink ist ein typischer Vogel des Hochgebirges (Abb. 2). Er ist in unregelmässiger Dichte in der alpin-nivalen Stufe der Alpen, der Pyrenäen und des Apennin verbreitet. Er meidet die mit Legföhren und Zwergsträuchern bestandenen Flächen an der Baumgrenze. Nur stellenweise geht der Schneefink im Winter in Hochtäler hinunter, kann im Herbst aber in Hochlagen bis 4000 m steigen. LANG (1939, 1946) hat erste Resultate zur Brutbiologie vorgelegt. Die Winterökologie dieser Art war bei Beginn unserer Arbeiten kaum erforscht. Erste Einblicke in die Winterverbreitung des Schneefinken in Frankreich vermitteln CHEYLAN (1973) und GÉROUDET (1974).

Im Rahmen mehrjähriger Untersuchungen der Anpassungen des Schneefinken (*Montifringilla nivalis*) an die Hochgebirgsbedingungen wurde einerseits die Brutbiologie (WEHRLE 1988, HEINIGER 1989) und andererseits die Winterökologie erforscht. Die Winternahrung wurde durch WEHRLE (1988, 1989) in Feld- und Laborversuchen untersucht. Die vorliegenden Ergebnisse vermitteln einen ersten Einblick in die Raumnutzung und prüfen die Bedeutung der Winterschlafplätze für das Überleben im Hochgebirgswinter.

## 1. UNTERSUCHUNGSGEBIET

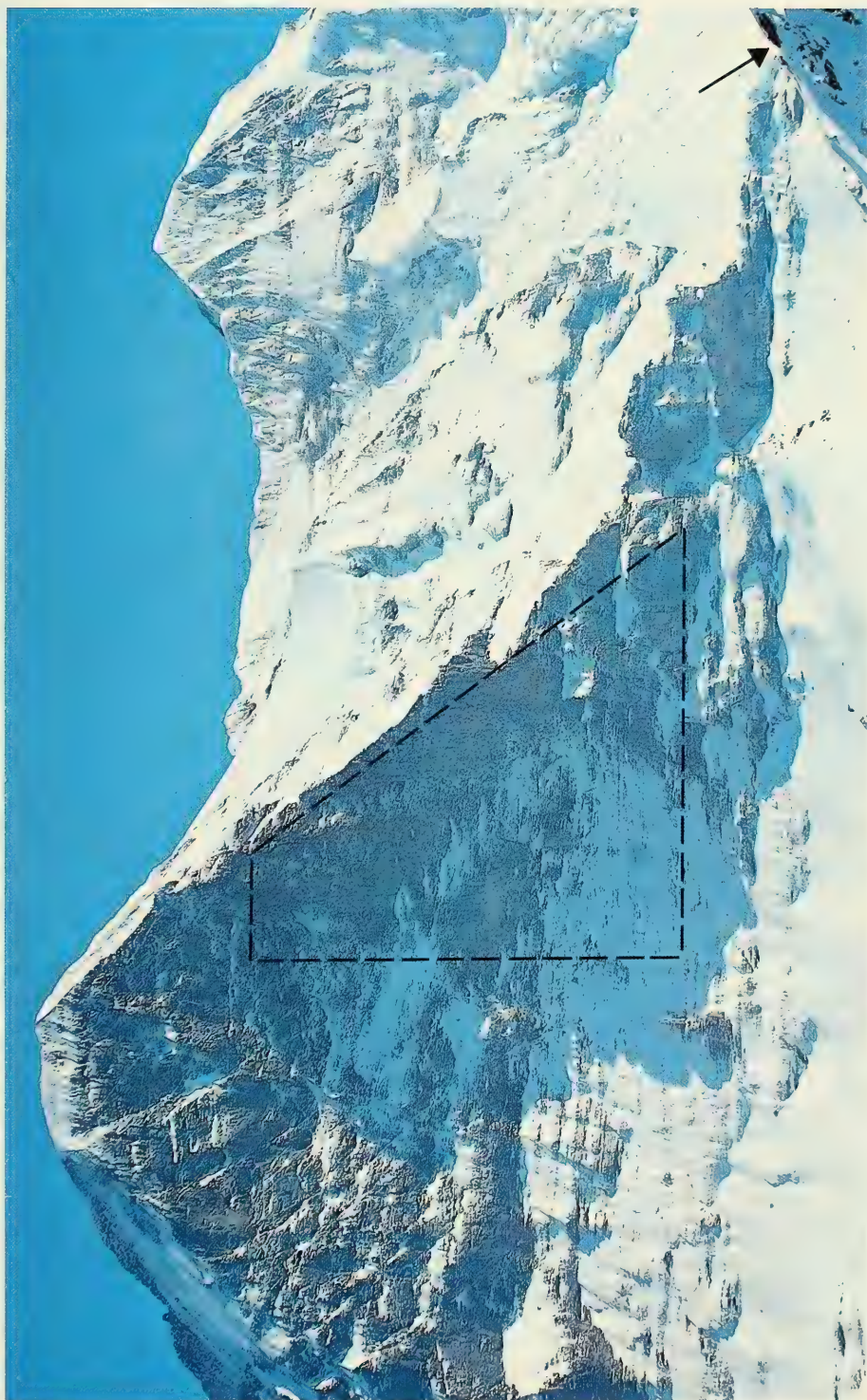
Der untersuchte Raum liegt am Alpennordrand im Berner Oberland (Jungfrauojoch 46°33'N, 7°59'E, Landeskarten 1: 25000 Blätter 1229/1249). Die Fläche beträgt ca. 110 km<sup>2</sup> (ohne Berücksichtigung der Hangneigungen), davon entfallen 80% auf felsiges oder vergletschertes Gelände und 20% auf alpine Rasen oder Weiden (Abb. 1).

Begrenzt wird das Untersuchungsgebiet im S durch die Linie Fiescherhörner — Konkordiaplatz — Lötschenlücke, im W durch das Lauterbrunnental und im N durch das Lüttschental. Dieser Raum weist zwei mittlere Höhen von 2100 und 3100 m auf und ist durch die schroffen Nordwände von Eiger, Mönch und Jungfrau unterteilt: einerseits in das Gebiet Männlichen — Kl. Scheidegg (Sch) — Eigergletscher (Egl) mit den Gipfeln Männlichen (2342 m), Lauberhorn (2472 m) und Tschuggen (2520 m), andererseits den Raum Jungfraufirn — Ewiges Schneefeld — Konkordiaplatz mit den Gipfelregionen um 4000 m (Jungfrau 4158 m, Mönch 4099 m, Eiger 3970 m).

Geologisch gehört das Untersuchungsgebiet zum westlichen Teil des Aarmassivs. Der Untergrund besteht aus Altkristallin (Gneis, Schiefer und Amphibolit), Granit und Sedimenten. Nördlich der Kette Mönch — Ebnefluh finden wir Sedimente, südlich davon

ABB. 1.

Ausschnitt aus dem Untersuchungsgebiet mit den Viertausendern Eiger (3970 m) und Mönch (4099 m). Eingerahmt der Schlafraum der Schneefinken in der Eiger-Nordwand. Rechts, mit Pfeil gekennzeichnet, das Basislager in Eigergletscher (2320 m) mit Labor und Unterkunft.



Kristallin. Die Gipfel von Mönch und Jungfrau befinden sich in der Übergangszone: Der mächtige nördliche Vorbau besteht aus Sedimenten, welche von kristallinen Gesteinen von S her überlagert wurden. Dies erklärt die Kristallingipfel der Jungfrau und des Mönchs auf Sedimentsockeln. Der Eiger besteht hingegen nur aus Sedimenten (COLLET & PARÉJAS 1931). Das von S vorstossende Kristallin breitete sich bis zum Nördlichen Eigerjoch (3619 m) aus.

Es herrschen W- und S-Winde vor. Die Luftströmung wird im Jungfraujoche durch die Massive von Mönch und Jungfrau stark kanalisiert. Bei S-Windlage fällt sie 650 m tief gegen Egl und Sch ab und verstärkt dadurch die ohnehin häufigen Sturmwinde. Dank der Föhnstürme gibt es selbst im Hochwinter schneefreie Stellen oder Hänge. Die Temperatur beträgt im Winter (Egl, 2320 m) im Mittel  $-6,5^{\circ}\text{C}$ , mit Extremwerten von bis zu  $-30^{\circ}\text{C}$ . Die alpine Vegetation wird ausführlich in Wehrle (1988) beschrieben.

## 2. METHODE

Die schwierig begehbaren Teile des untersuchten Geländes in Eis und Fels wurden mit den üblichen alpinistischen Mitteln, u.a. mit 3 km Fixseilen, erschlossen und abgesichert.

### 2.1. FELDBEOBACHTUNG

Das Untersuchungsgebiet wurde auf festgelegten, gleichmässig verteilten Routen durchforscht. Jede Strecke wurde durchschnittlich mindestens fünf- bis sechsmal pro Winter zu verschiedenen Tageszeiten begangen, wobei auch Stichproben in den umliegenden Bergketten vorgenommen wurden, so in den Gebieten Faulhorn, Müren und Schilthorn. Alle Beobachtungen von farbberingten Schneefinken wurden auf einer Karte im Maßstab 1:10000 eingetragen. Daraus liessen sich Lage und Grösse des Aufenthaltsraumes (home range, AR) der Sch-Population im Winter ermitteln. Gleichzeitig konnten auch Daten zur Nutzung des AR im Tagesverlauf gewonnen werden.

Die Suche nach den Schlafräumen und -plätzen begann ich auf der Sch. Die Ab- und Anflugrichtungen am Abend bzw. Morgen wurden registriert. Sich ergebende Hauptachsen wurden dann weiterverfolgt. Die vielen Eisabbrüche und die sehr oft herrschende Lawinengefahr verhinderten eine nähere Untersuchung des Schlafraumes im Guggi/Jungfrau-Gebiet (Abb. 4). Die im Raum Rotstock — Eiger-Nordwand gefundenen Schlafplätze konnten ausgemessen werden (Tab. 1).

Zur Ermittlung des Einzugsgebietes der Sch-Winterpopulation wurde im Frühjahr 1983 eine bis heute weitergeführte Plakataktion gestartet. In SAC-Hütten im grösseren Umkreis um den winterlichen Aufenthaltsraum (WAR) werden die Alpinisten gebeten, auf Schneefinken zu achten und Beobachtungen mittels vorgedruckten Antwortkarten zu melden. Bis heute sind etwa 250 Meldungen eingegangen. Diese bedeuten für uns eine sehr grosse Zeitersparnis, da wir den Raum, gestützt auf diese Beobachtungen, sehr gezielt absuchen können.

### 2.2. FARBBERINGUNG

Von 1981 bis 1987 wurden gegen 900 Schneefinken farbig beringt. Da Plastikringe abgeissen werden (A. Aichhorn, briefl.), mussten Aluminiumringe der Vogelwarte Sempach eloxiert werden. Insgesamt verwendeten wir 7 klar unterscheidbare Farben für die individuelle Markierung.



ABB. 2.

Schneefink-♂ (5-jährig).

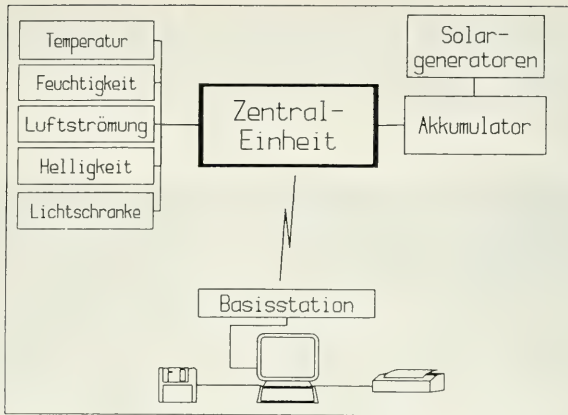


ABB. 3.

Die Zentraleinheit einer Messstation liest 4mal hintereinander 16 Kanäle (8 bit, digital und analog) ab. Dies erlaubt die oben links aufgeführten Klimaparameter an verschiedenen Punkten zu messen und z.B. Temperatur-Transecte anzulegen. Die Messfühler wurden auf dem Markt gekauft: Temperatur = LM 335 ( $-30 - +40^{\circ}\text{C}$ ,  $\pm 0,25^{\circ}\text{C}$ ), Feuchtigkeit = YA-100, Rotronic ( $0 - 100\%rF$ ,  $\pm 2\%rF$ ), Luftströmung = mini-air VI, Schiltknecht ( $0,3 - 20\text{m/s}$ ,  $\pm 1,5\%$ ), Helligkeit = Photodiode BPW 24. Die Lichtschranken wurden in Eigenentwicklung hergestellt. Die Energieversorgung kann mit einem Akkumulator (Delco 2000, AC Delco) und 1-2 Solargeneratoren (M81, Arco Solar) pro Messstation sichergestellt werden. Die Zentraleinheit wandelt die Daten in serielle Signale um und übermittelt diese sehr zuverlässig mit FSK (2 Tonhöhen, bit 0 und 1) und mit SE 125 auf einem Spezialkanal der Schweizer Armee. Die Anlagen werden mit Rako-Behältern und Isolationsmaterial vor den Umwelteinflüssen geschützt. Die Basisstation ist die Empfangs- und Sendeanlage bestehend aus einer Yagi-Richtantenne, einem an ein SE 125 gekoppelten Decoder und wird durch einen Home Computer VC-64 (Commodore) mit Diskettenlaufwerk (1541) und einem Drucker (Epson RX-80F/T) gesteuert. Eine Notstromanlage (Euroguard 100) überbrückt bis zu 2-stündige Stromausfälle im Netz und sichert eine lückenlose Datenaufnahme.

Der Fang und die Beringung der Schneefinken erfolgte an den Hauptfutterplätzen Egl und Salzegg, welche infolge des Ausstreuens von Futter durch die einheimische Bevölkerung für die Vögel jederzeit genügend Nahrung aufweisen. Die Beringung erfolgte gemäss Anleitung der Vogelwarte Radolfzell (1958). Jeder Vogel wird mit drei Farbringen und einem nicht eloxierten Aluminiumring, auf beide Beine gleichmässig verteilt, gekennzeichnet.

### 2.3. DATENERFASSUNGS- UND -VERARBEITUNGSSYSTEME

Die mikroklimatischen Messungen wurden mit einem in 3 Jahren von uns selbst entwickelten vollautomatischen netzunabhängigen und bei Temperaturen von bis zu  $-30^{\circ}\text{C}$  funktionierenden System vorgenommen. Die Basisstation steuert mittels Computer und Funk 6 voneinander unabhängige Meßstationen, welche in einer Distanz von bis zu 2500 m auf 2500-3000 m ü.M. in der Eiger-Nordwand bei den Schlafplätzen der Schneefinken verankert wurden.

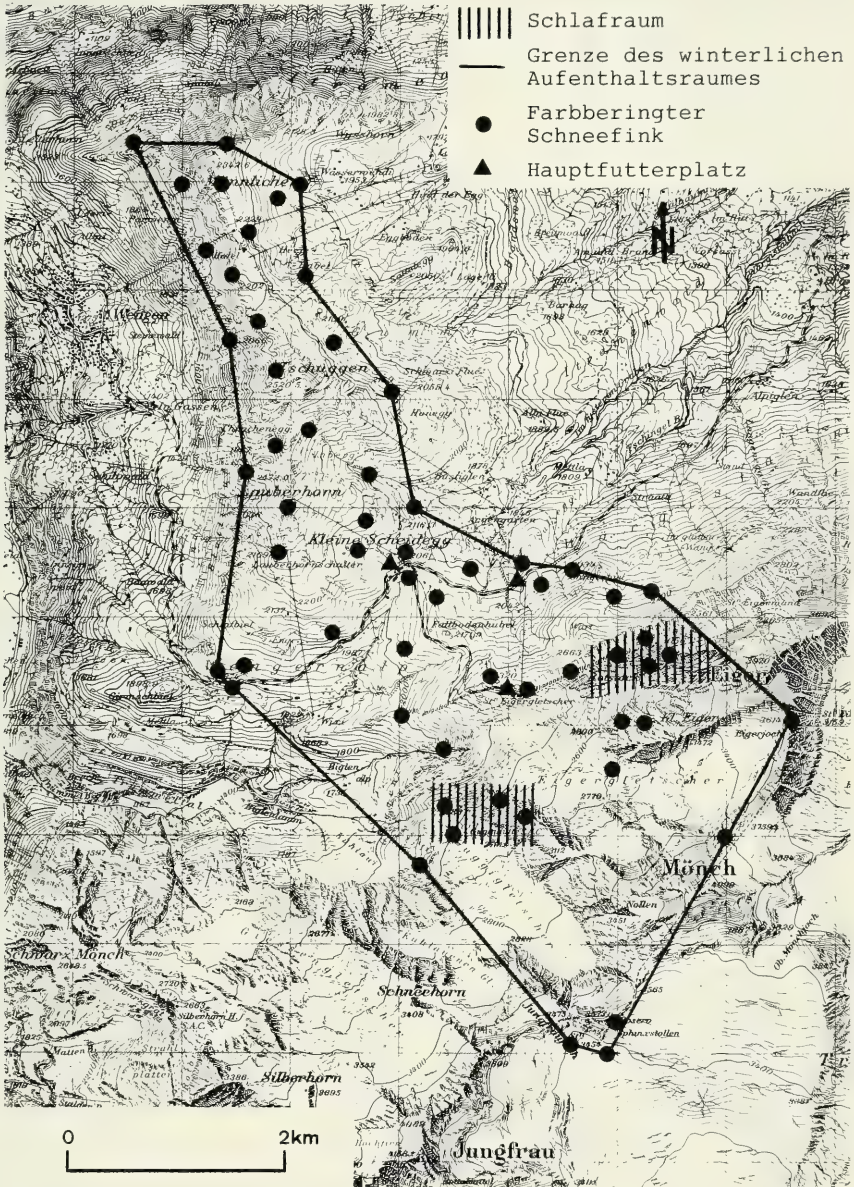


ABB. 4.

Winterlicher Aufenthaltsraum (WAR) der Kl. Scheidegg Population (Reproduziert mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopographie vom 5.4.1988).

Die Meßstationen bestehen aus je einer Zentraleinheit, der Energieversorgung sowie Messfühlern und übermitteln auf Befehl der Basisstation in wählbarem Intervall von 15, 30, 45 oder 60 min die Daten mit Funk in das Tal (Abb. 3). Die Basisstation empfängt die Signale, nimmt deren Umwandlung vor und speist sie in den Computer ein. Dieser überprüft deren Qualität, nimmt eine erste Auswertung vor und speichert die Messreihen. Die weitere Datenverarbeitung wird auf einem Personal Computer (HP-150) vorgenommen.

Klimatische Vergleichsdaten werden mit gleichen Messfühlern einer vom obigen System unabhängigen Meteostation in Egl (2320 m) aufgenommen. Ein direkt mit den verschiedenen Sonden gekoppelter Home Computer (VC-64) misst im Intervall von 15 sec die Klimadaten, ermittelt 5 min-Mittelwerte und speichert sie.

### 3. WINTERLICHER AUFENTHALTSRAUM (WAR) UND DESSEN NUTZUNG

#### 3.1. BEGRENZUNG, LAGE DER SCHLAF- UND FUTTERPLÄTZE

Der WAR umfasst eine Fläche von etwa 19 km<sup>2</sup>. Die vertikale Ausdehnung reicht von 1800-4000 m. Der WAR ist eng an Grate, Pässe und gleichmässig ansteigende Bergrücken gebunden. Die Höhenlage bewirkt eine karge, busch- und baumfreie Vegetation. Meistens finden wir eine geschlossene Schneedecke vor, ausser in den Steilwänden, welche an den Abbrüchen der Simse immer schneefreie Stellen aufweisen. Touristisch sind die flacheren Teile des Gebietes äusserst gut erschlossen und weisen sehr hohe Besucherfrequenzen auf. Durch das unwegsame Gelände wird dieser Massentourismus gut kanalisiert.

Begrenzt wird der WAR durch steil abfallende Fels- und Eiswände von bis zu 1800 m Höhe, so die im W gegen Wengen abfallenden Hänge der Kette Lauberhorn — Männlichen und die im SE-Teil gelegenen Nordwände von Eiger, Mönch und Jungfrau mit der anschliessenden riesigen Eiswüste des Aletschgebietes (Abb. 4). Die Grenzen des ermittelten WAR verlaufen der Baumgrenze entlang.

Die Schlafräume der untersuchten Schneefinkenpopulation, deren Grösse in normalen Jahren (z.B. 1981 bis 1984) auf 600-800 Vögel geschätzt wird, liegen im unwegsamem Teil des WAR und werden durch den Tourismus nicht berührt. Es konnten zwei Schlafräume gefunden werden, welche die Hälfte der Population benützt. Beide liegen im SE-Teil des WAR, d.h. in den Felswänden des westlichen Teils der Eiger-Nordwand und des Rotstockes sowie in den kalkigen Steilstufen unter den Gletscherabbrüchen am N-exponierten Vorbau des Mönchs und der Jungfrau.

Die winterlichen Hauptfressplätze liegen im Zentrum des WAR und befinden sich in 1-3 km Entfernung von den Schlafräumen. Bei sehr schlechter Witterung wird das Dreieck der Bahnstationen Sch, Egl und Salzegg zum zentralen Punkt für die Nahrungssuche (Abb. 4). Sonst suchen die Schneefinken ihre Nahrung in den Steilwänden oder an schneefreien Stellen.

#### 3.2. NUTZUNG DES WAR IM TAGESVERLAUF

Die räumliche Nutzung des WAR wird entscheidend durch die Witterungsverhältnisse beeinflusst (Abb. 5). Bei gutem Wetter, d.h. Sturmfreiheit sowie Temperaturen über -10°C, werden die Schlafräume kurz nach der Dämmerung verlassen. Die anthropogenen Standorte werden nur sporadisch aufgesucht. Die Population verteilt sich und nutzt, insbesondere zwischen 1000-1430 Uhr, den WAR auf seiner ganzen Fläche (Abb. 5). Die Schneefinken fliegen in Schwärmen (20-30 Vögel) von der Sch über den Pass zwischen



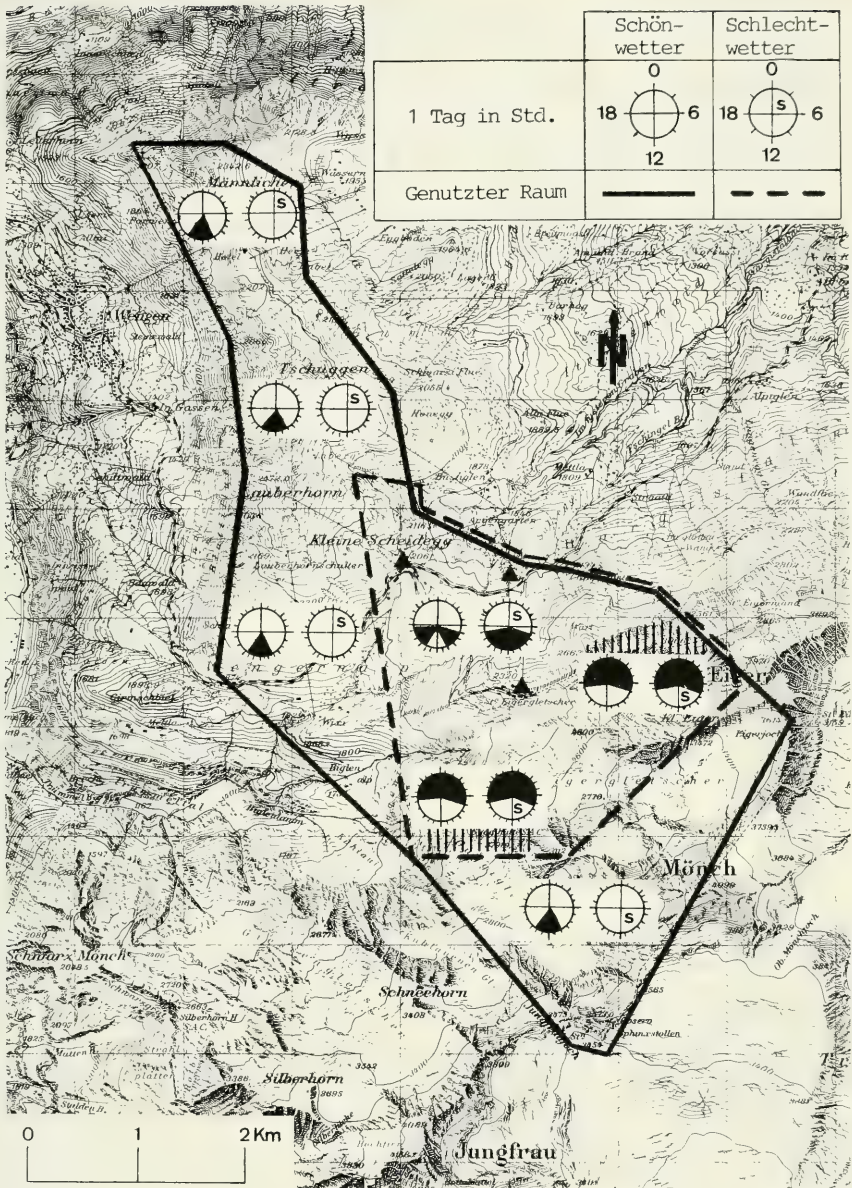


ABB. 5.

Einfluss der Witterung auf die Nutzung des Aufenthaltsraumes (home range) während eines Hochwintertages. Schwarz ausgefüllte Kreissektoren = Aufenthaltsort der Schneefinkpopulation zu gegebener Zeit. Restliche Signaturen siehe Abb. 2 (Reproduziert mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopographie vom 5.4.1988).

Tschuggen und Lauberhorn, um der Westflanke des Tschuggen folgend, die besonnten und vielfach schneefreie Stellen aufweisenden Westhänge des Männlichen aufzusuchen. Im Verlauf des Nachmittags setzt der Rückflug Richtung Schlafplätze ein, manchmal mit einem Zwischenhalt auf Sch oder Egl.

Der intensive kommerzielle Flugbetrieb an wolkenlosen Tagen auf dem Männlichen vertreibt die Schneefinken. Dabei ist der Helikopter besonders gefürchtet, so dass der Raum Männlichen eher bei veränderlicher Witterung aufgesucht wird. Durch die Beobachtung von farbberingten Schneefinken konnten mehrmals die gleichen Individuen am Morgen auf Egl, am Mittag am Männlichen und am Abend auf Sch nachgewiesen werden, was auf einen tageszeitlichen „Fahrplan“ hindeutet, wie er von BÜCHEL (1983) mit der arttypischen „Kulturfolge“ bei der Alpendohle (*Pyrrhocorax graculus*) beschrieben wird.

Die Schneefinken steigen in kleinen Schwärmen (2-10 Vögel) über die Mittagszeit auch bis auf das Jungfrauoch, wobei sie der Westflanke des Eigers und den Gräten folgen. Am 10.3.1983 konnten wir am Nördlichen Eigerjoch auf 3700 m Schneefinken nachweisen. Ein anderer Aufstiegsweg führt über Guggihütte und Mönchsnollen auf das Jungfrauoch.

Bei schlechtem Wetter wird die beanspruchte Fläche stark reduziert (Abb. 5). Die Futterplätze Sch, Egl und Salzegg werden zum Aktivitätszentrum der Schneefinken, welche den ganzen Tag in grossen Schwärmen (100-200 Vögel) am gleichen Ort bleiben, wie mittels Farbberingung belegt wurde: Der Schneefink 1534 konnte z.B. am 31.1.83 um 0816, 1002, 1223, 1346, 1605 auf Sch nachgewiesen werden. Die Vögel verlassen die Fütterungsplätze für kleinere Rundflüge, bleiben jedoch immer im Dreieck Egl, Salzegg und Sch. Eine Bindung an den Menschen ist klar ersichtlich.

#### 4. SCHLAFPLÄTZE

##### 4.1. BEZUG DER SCHLAFPLÄTZE

Im Raum Rotstock — Eiger-Nordwand konnten 5 regelmässig aufgesuchte Schlafplätze gefunden werden (Abb. 6). Diese werden immer von bestimmten Ausgangspunkten her, z.B. den Hauptfressplätzen (Abb. 6), aufgesucht. Die Auslöser zum Aufbruch sind einerseits intensive Quääk-Rufe (AICHHORN 1969) durch einen oder mehrere Schneefinken, verbunden mit kleinen Rundflügen, z.B. um den Futterplatz, andererseits auch Störungen durch herannahende Menschen, Zug oder Helikopter. Die Vögel starten in Schwärmen von bis zu 30 Exemplaren und treffen im Schlafräum einzeln, zu zweit oder in Trupps von bis zu 6 Individuen ein. Die menschlichen Siedlungen werden am Abend immer verlassen.

Für das Aufsuchen der Schlafplätze werden beachtliche Leistungen vollbracht. Der Anflug erfolgt in Etappen. Häufig schalten die Schneefinken einen Zwischenhalt ein und rasten, da sie einige Mühe haben, aufwärts zu fliegen. Sie steigen unter Ausnutzung des Geländes von 1900 bis auf 3000 m. Die Flugwege sind immer die gleichen und folgen den Gräten, Moränen oder schwach geneigten Hängen in S-SW-exponierten Lagen (Abb. 6).

Die Witterung hat einen grossen Einfluss: Bei gutem Wetter singen die Vögel während einer Ruhepause und besuchen oft auch den späteren Brutplatz, den sie erst bei eintretender Dämmerung verlassen. Bei schlechtem Wetter ist keine Gesangsaktivität festzustellen. Die Schneefinken sind nicht an den Brutplätzen zu beobachten, fressen aber so lange wie möglich. Der Aufbruch zum Schlafplatz setzt früher ein. Das ausgeprägte Kontaktbedürfnis

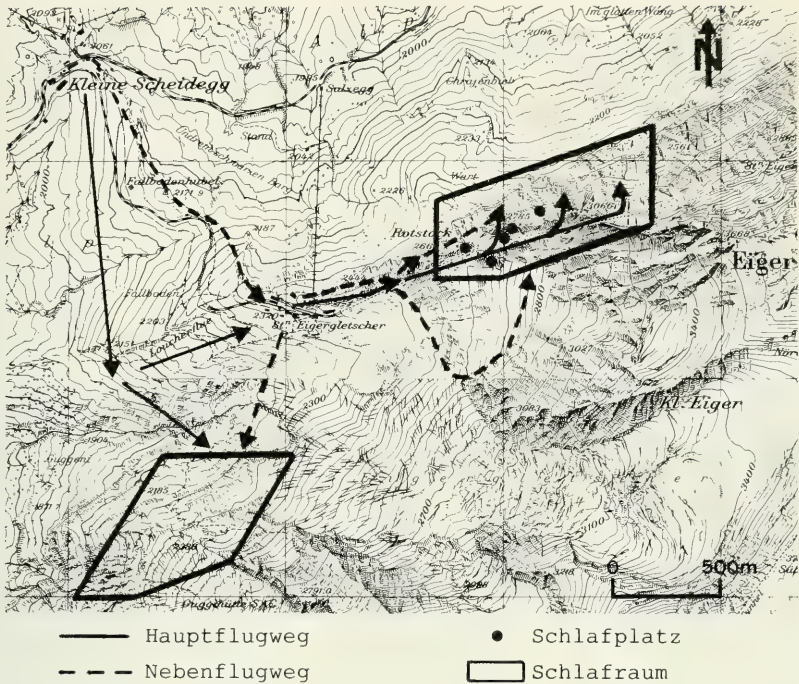


ABB. 6.

Flugwege der Schneefinken zu den Schlafplätzen im Raum Eiger-Gletscher (Reproduziert mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopographie vom 5.4.1988).

belegen die im Flug häufig geäusserten Quääk-Laute und das Rufen einzelner bei einem Schwarm Anschluss suchender Individuen.

Die Schneefinken treffen bis 1 Stunde nach Sonnenuntergang an den senkrechten Schlafwänden von einigen 100 m Höhe ein, beginnen zu singen und streuen häufig Kontaklaute ein. Ortswechsel in der Wand sind nicht selten; diese wird aber nicht mehr verlassen. Artgenossen werden vertrieben, und es entwickeln sich heftige Verfolgungsjagden bis zu 200 m von der Schlafstelle weg. Der Schlafplatzinhaber ist immer erfolgreich und singt nach abgeschlossener Jagd sehr intensiv. Ab Mitte März sind vermehrt Balzflüge zu beobachten.

Die Schlafplätze liegen alle in Rissen und Spalten. Das Verhalten im Schlafraum dürfte als Schlafen im Verband bezeichnet werden, wobei die Abstände zwischen den einzelnen Schlafstellen 10-500 m betragen können. Die Schlafplätze liegen zwischen 2500-2950 m und sind 20-300 m über Boden (Tab. 1). Kurz vor der Dämmerung werden verschiedene Felsspalten und -risse abgesucht. Mittels Farbringbeobachtungen an 4 Felsspalten kann belegt werden, dass der Schlafplatz immer vom gleichen Vogel aufgesucht wird. Der Schneefink setzt sich vor den Eingang seiner Felshöhle, singt 5-10 min und verschwindet während des Einnachtens im Riss. Die Vögel schlafen im Hochwinter immer einzeln, ab Februar/März manchmal paarweise. Bei schlechtem Wetter wird die Gesangs-

TAB. 1.

Schlafplätze im Raum Eiger-Nordwand — Rotstock. Alle Zahlenangaben in m. Boden = Fuss der Felswand (Felsband).

Schlafplatz	Ort	Höhe ü. M.	Beschreibung	Höhe ü. Boden	Eingang		Tiefe Schacht
					Hohe	Breite	
1	Eiger-Nordwand, rechts vom Genferpfeller	2700	Senkrechte Kalkwand mit plattigem Fels und vielen Rissen. In vertikaler, N-exponierter Spalte.	300	2-3	0,01-0,2	1,2
2	Eiger-Nordwand, links von Couloir zwischen Rotstock und Eiger	2670	Gestufte Wand. In langer vertikaler, NW-exponierter Spalte, inmitten einer leicht überhängenden Felsplatte. Der Riss wird oben und unten durch ein kleines Dach abgeschlossen.	220	4,7	0,02-0,12	0,9
3	wie 2	2640	siehe 2	210	4,7	0,05-0,16	0,9
4	Rotstock	2500	Durch die Erosion angegriffene Kalkwand mit vielen Rissen und Höhlen. In kleinem, NE-exponiertem Loch.	40	0,16	0,06	1,1
5	Rotstock	2550	Griffarme und überhängende Wand. Plattiger Fels, der von schwarzen Schieferbändern durchrissen wird. N-exponierter langer, vertikaler Riss.	180	3	0,02-0,18	1,4

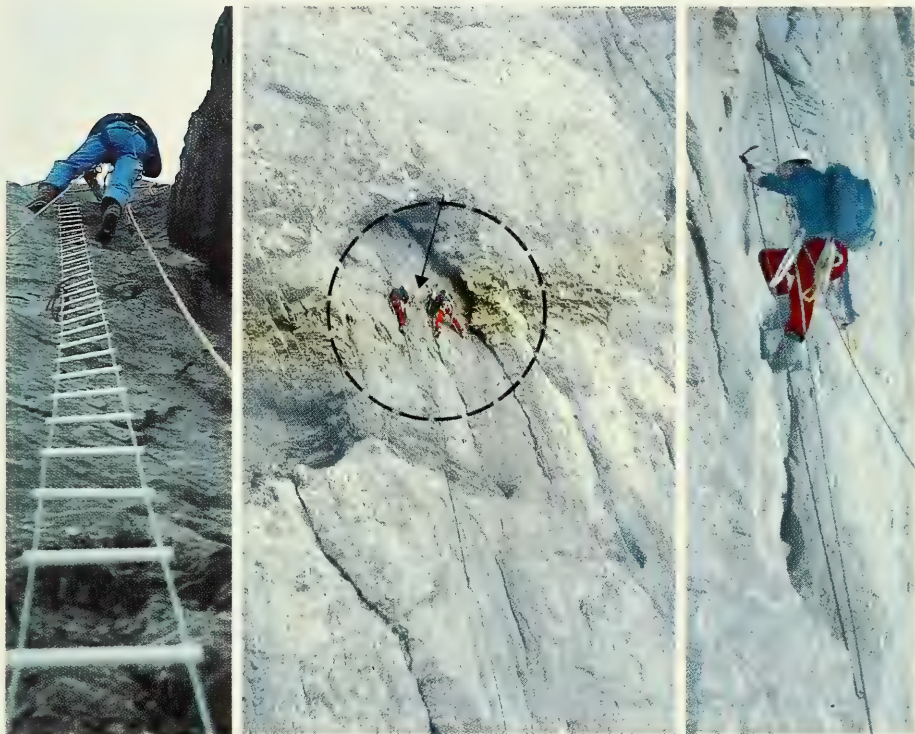


ABB. 7.

Schlafplatz in einem Felsriss (siehe Pfeil) in der Eiger-Nordwand (2700 m).

aktivität auf 2-5 Strophen beschränkt und der Riss direkt angefliegen. Der Vogel bleibt 1-2 min sichtbar und sucht danach die Höhle auf.

Nach kurzem Gesang schliessen sich die Schneefinken am Morgen zu kleinen Schwärmen zusammen und fliegen ohne Zwischenhalt zu den Nahrungsplätzen. Sie erreichen dabei im Fallgleitflug sehr grosse Geschwindigkeiten.

#### 4.2. MIKROKLIMA AN DEN SCHLAFSTELLEN

Das Mikroklima im Schlafplatzraum in der Eiger-Nordwand (2500-3000 m) ist günstiger als im Tagesaufenthaltsgebiet (Egl 2320 m). Die Lufttemperatur ist während der Winternacht am Eiger, obwohl N-orientiert und bis zu 700 m über Egl gelegen, um durchschnittlich 1,5°C höher (Tab. 2). Die Temperatur ( $\bar{x}$  pro Monat) sinkt in Egl von -3,7°C im November bis auf -8°C im Februar und steigt ab März wieder an. In der Eiger-Nordwand wird das Minimum mit -7,8°C bereits im Januar erreicht und sinkt einzig in diesem Monat unter die Werte von Egl. Ansonsten liegen die Monatsmittel in der Wand um 1,3-2,7°C höher (Tab. 2).

Die gezielt als Schlafplatz gewählten Felsspalten (Abb. 7) weisen bei normalen Wetterverhältnissen eine um durchschnittlich 4°C höhere Temperatur auf als in den Nistkästen in Egl (Tab. 2). Die grösste Differenz ist mit 4,7°C im Dezember zu verzeichnen, die kleinste im November und März mit 3°C. Messungen in Spalten, welche nicht als Schlafplätze benutzt werden zeigen, dass die Schneefinken die thermisch günstigsten wählen, bestehen doch im Vergleich mit den Schlafspalten durchschnittliche Unterschiede von 0,9-4,3°C.

Die relative Luftfeuchtigkeit ist in den Felsspalten im Mittel um 19% geringer als in Egl (Tab. 2). Sie verzeichnet hier im Verlauf des Winters nur geringe Schwankungen im Bereich von 55-60%rF. Das Maximum von 68%rF im März dürfte mit der stärkeren Sonneneinstrahlung und der damit verbundenen erhöhten Verdunstung der Schneedecke zusammenhängen. In den Schlafrissen bleibt die Feuchtigkeit den ganzen Winter, mit Ausnahme einer leichten Erhöhung im Januar auf durchschnittlich 48% bei etwa 40%rF auf einem konstant niedrigen Niveau. Die nicht als Schlafplätze genutzten Felsspalten weisen anfangs Winter etwa die gleichen Werte wie in Egl auf. Im Januar ist ein markanter Anstieg um 24%rF zu verzeichnen (Tab. 2). Bis zum Frühjahr weisen diese Risse mit 75%rF sehr hohe Luftfeuchtigkeitswerte auf und sind deshalb für den Schneefinken zum Übernachten ungünstig. Auch bei tiefsten Aussentemperaturen ist die Luftfeuchtigkeit an den Schlafplätzen mit etwa 35%rF sehr niedrig und erreicht gleichzeitig in Egl Werte von über 70%rF (Abb. 9).

Die von den Schneefinken als Schlafstellen gewählten Spalten unterscheiden sich von nicht benutzten auch durch eine charakteristische morphologische Struktur. Sie können in mehrere Zwischenböden unterteilt sein, führen 0,3-0,5 m geradlinig in den Felsen und erfahren eine Krümmung von mindestens 45° nach links oder rechts. Der Gang verläuft bis zu 1 m weiter in das Innere und endet am Schlafplatz. Durch die Biegung werden die Luftströmungen selbst bei Stürmen mit Windspitzen in Egl von über 100 km/h (Abb. 10, B=5 min  $\bar{x}$ ) vom Schlafplatz abgehalten (Abb. 10, A).

Die Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsverhältnisse während einer der kältesten Nacht im Winter 1985/86 sind Abb. 8 und 9 zu entnehmen. Dabei wird die dämpfende und zeitverzögernde Wirkung der Felsrisse auf die Lufttemperatur besonders bei tiefen Temperaturen wirksam (Abb. 8, C und D). Im Vergleich zu den als Brutplatz genutzten Gebäuden in Egl ist die Lufttemperatur in den als Schlafplätze genutzten Felsspalten bei diesen Verhältnissen um bis zu 16°C höher und weist einen ausgeglicheneren Verlauf auf. Bei

TAB. 2.

Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit während der Winternacht von November bis März (1700 bis 0700 Uhr, Durchschnittswerte der Winter 1985/86 und 1986/87, Messungen während 302 Nächten), (A) in Eigergletscher (2320 m), (B) in der Eiger-Nordwand (2700 m, Mittelwert ( $\bar{x}$ ) von 5 Messorten, 1 m vor der Felswand), (C) 0,75 m im Innern von Felsspalten (2650 m,  $\bar{x}$  von 2 Messorten), welche von den Schneefinken nicht als Schlafplätze benutzt wurden und (D) 0,75 m im Innern von Felsspalten (2700 m,  $\bar{x}$  von 5 Messpunkten), welche als Schlafstellen dienen.

°C	Nov	Dez	Jan	Feb	März	$\bar{x}$
(A)	-3,7	-4,7	-6,2	-8,0	-7,2	-6,0
(B)	-0,9	-2,0	-7,8	-6,0	-5,9	-4,5
(C)	-0,1	-1,8	-7,2	-5,7	-5,2	-4,0
(D)	0,8	0,0	-2,9	-4,4	-4,2	-2,1
%rF						
(A)	57,3	55,3	59,1	60,9	68,3	60,2
(C)	61,2	52,0	75,9	77,0	75,5	68,3
(D)	39,7	34,9	48,0	43,0	40,2	41,2

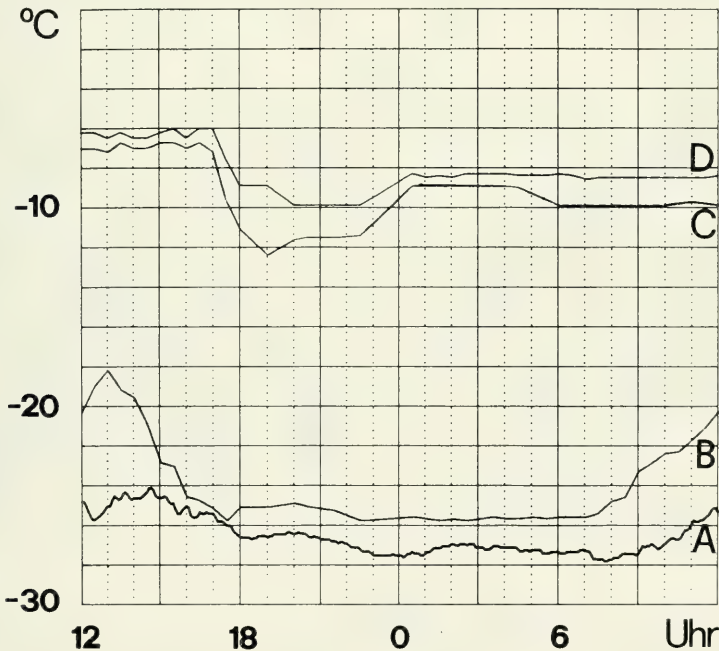


ABB. 8.

Lufttemperaturen (A) in Eigergletscher an der N-Fassade des Depotgebäudes (2320 m) und in der Eiger-Nordwand (2700 m) am 9./10.2.1986; (B) freihängende Sonde 1 m vor der Felsspalte, welche als Schlafplatz benutzt wird, (C) 0,4 m im Innern des Felsens und (D) 0,75 m im Felsspalt. Der Schlafplatz befindet sich in 1,2 m Tiefe.

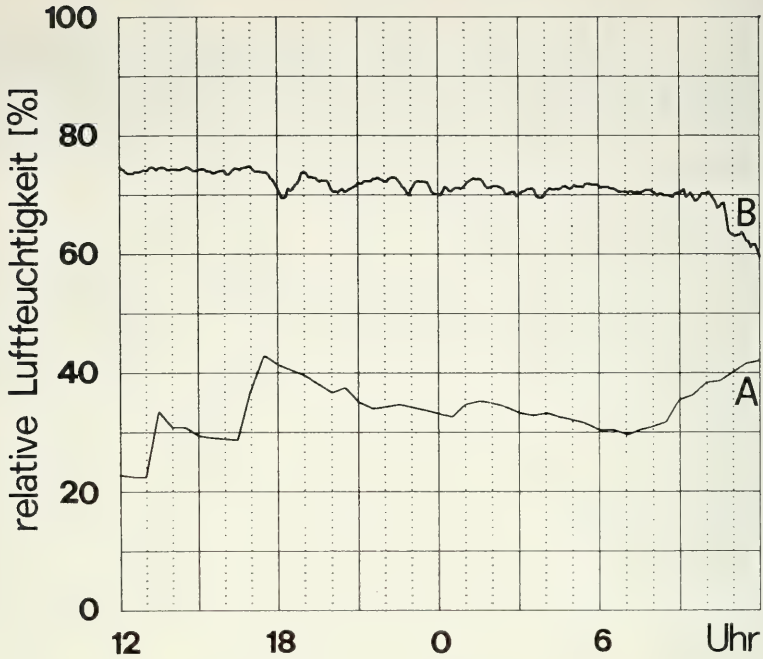


ABB. 9.

Relative Luftfeuchtigkeit am 9./10.2.1986 (A) in der Eiger-Nordwand (2700 m) 0,4 m im Felsriss mit dem Schlafplatz und (B) in Eigergletscher an der N-Fassade des Depotgebäudes (2320 m).

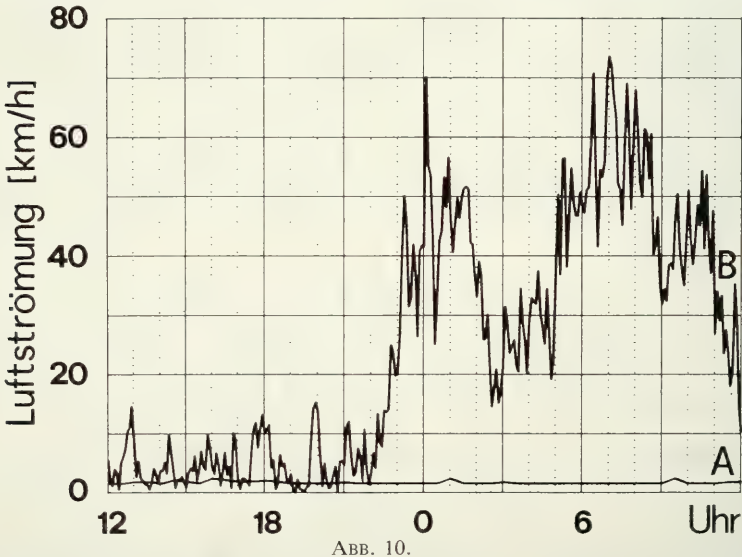


ABB. 10.

Luftströmung am 1./2.1.1986 (A) in der Eiger-Nordwand (2700 m) 0,4 m im Felsriss mit dem Schlafplatz und (B) in Eigergletscher auf dem Dach des Depotgebäudes (2320 m).



–27°C in Egl herrscht vor dem Schlafplatz in der Eiger-Nordwand eine Temperatur von knapp –26°C. 40 cm im Innern der Felsspalte messen wir zum gleichen Zeitpunkt –10°C und 75 cm im Innern –9°C (Abb. 8).

## 5. BRUTZEITLICHER AUFENTHALTSRAUM (BAR)

Im WAR bleiben in Jahren mit normalen Brutbeständen von den 600-800 Schneefinken nur etwa 50 Paare (1/7) als Brutvögel zurück, welche solitär brüten oder sich in Kolonien von bis zu 6 Paaren zu 1/3 auf Fels und 2/3 auf Häuser und Skiliftmaste verteilen. 1983 wurden im Raum Sch 24 Paare beobachtet. Seitdem ist die Bestandsentwicklung rückläufig. 1986 und 1987 konnten nur noch 5 bzw. 3 Bruten nachgewiesen werden. Diese Tendenz wurde gesamtschweizerisch festgestellt (U. Glutz von Blotzheim, H. Redel, E. Benz briefl.) und könnte durch die aussergewöhnlich tiefen Temperaturen während der letzten Winter oder durch die an etlichen Fänglingen festgestellten Geschwülste um die Augen und am Schnabelansatz (Tod durch Ersticken) verursacht sein; wobei beim Fang nie Verletzungen an diesen Stellen aufgetreten sind.

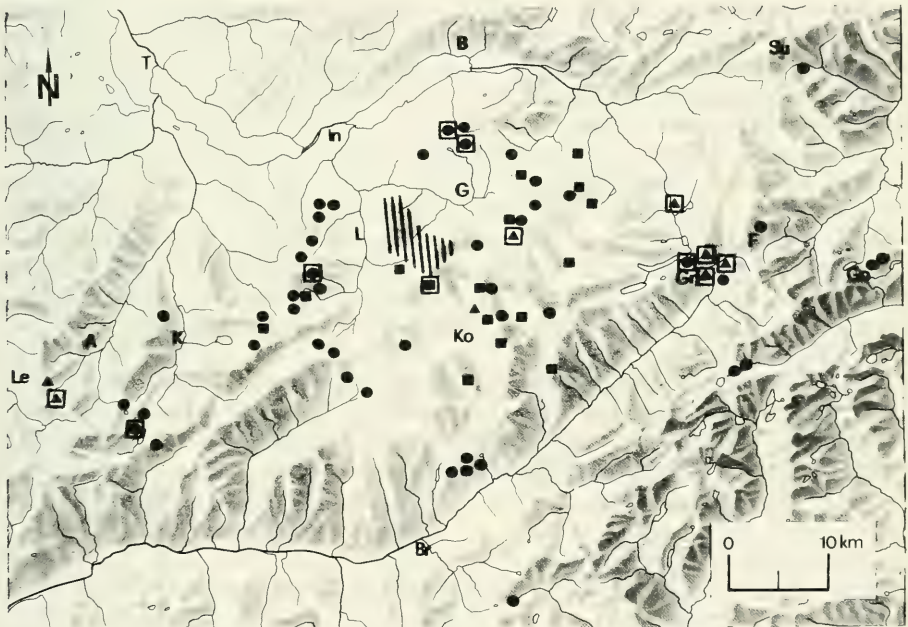


ABB. 11.

Verteilung der Kl. Scheidegg Winterpopulation im Frühjahr (1.3.-30.4., Dreiecke), zur Brutzeit (1.5.-31.7., Punkte) und im Herbst (1.8.-31.10., Vierecke). Eingerahmte Symbole = beringte Schneefinken, Schraffiert = Winterlicher Aufenthaltsraum (1.11.-28.2.). Ortschaften: A = Adelboden, B = Brienz, Br = Brig, G = Grindelwald, Go = Gotthard, Gr = Grimsel, In = Interlaken, K = Kandersteg, Ko = Konkordiaplatz, L = Lauterbrunnen, Le = Lenk, Su = Susten, T = Thun. Reproduziert mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopographie vom 5.4.1988.

TAB. 3.

Erste Fernfunde von Schweizer Brutvögeln. Egl = Eigergletscher 47°34'N/7°58'E, Schweiz (2320 m).

Vogel Nr.	Sex	Beringung Datum	Ort	Totfund/Wiederfänge		Distanz km Luftlinie	Meldung von
				Datum	Ort		
E 907724	♂	25.4.1982	Egl	20.10.1982	Col du Pas, Gard (F) 44°05'N/3°38'E	440	Vogelwarte Sempach
E 905764	♂	22.2.1984	Egl	30.3.1987	Patscherkofel (A) 11°25'N/47°05'E	300	Tschaikner E.
E 905772	♂	22.2.1984	Egl	30.3.1987	Patscherkofel (A)	300	Tschaikner E.
E 905748	♂	21.2.1984	Egl	30.3.1987	Patscherkofel (A)	300	Tschaikner E.

Die Vorlegeperiode wird durch WEHRLE (1988) eingehend beschrieben. Der Wechsel von Winter- auf Brutzeitverhältnisse ist durch die Auflösung der Winterpopulation und deren räumliche Expansion ab Anfang März geprägt. Sie verteilt sich zur Brutzeit vom oberen Simmental bis zum Urner Reusstal auf mindestens 650 km<sup>2</sup> (Abb. 11). Selbst Bergketten werden zum Aufsuchen des weit gelegenen Brutplatzes überquert. Dies unterstreicht die grosse Bedeutung und Anziehungskraft des Raumes Sch als Überwinterungsgebiet. Die Winterortstreuung und das teilweise hohe Lebensalter werden z.B. durch die im Winter 1981/82 gefangenen Vögel verdeutlicht: 18 Individuen wurden während 3, 7 während 4, 3 während 5 und 2 während 6 Wintern immer wieder beobachtet. Der Winterbestand schwankt von Jahr zu Jahr und auch im Verlauf der Winter sehr stark in Abhängigkeit der Wetterbedingungen. In Wintern mit wenig Schnee und häufigen Temperaturen über dem Gefrierpunkt wurden selten Schwärme mit mehr als 100 Tieren festgestellt.

Die Mehrheit der Wiederbeobachtungen erfolgte im Umkreis von 40 km des WAR (Abb. 11). In Tab. 3 sind die ersten Fernfunde für Schweizer Brutvögel dargestellt. Bemerkenswert ist die Überquerung des Rhonetals und die Verschiebung von den West- in die Ostalpen mit mehreren Quertälern durch diese Art, welche bis vor wenigen Jahren als typischer Standvogel galt.

## 6. DISKUSSION

### 6.1. ÜBERLEBEN DER WINTERNACHT

Singvögel, die auch den Winter im Gebirge oder in hohen Breitengraden verbringen, müssen mit Nahrungsengpässen (Nahrungsangebot in Raum und Zeit nicht voraussehbar) und Kälte fertig werden. Der Vogel muss einerseits eine optimale Energieversorgung sicherstellen und andererseits den -verlust so gering wie möglich halten.

Eine optimierte Energieaufnahme wird durch verschiedenste Anpassungen ermöglicht, wie z.B. die Depotbildungen durch Nahrungsverstecke oder die weitverbreiteten Fett-

anlagerungen, wie sie u.a. auch beim Schneefinken in beträchtlichen Mengen zu beobachten sind (Heiniger in Vorb.). Die auch für den Schneefinken beständige selektive Nahrungsaufnahme (WEHRLE 1988, 1989) und die optimale Nutzung der Nahrung mittels spezialisierter Verdauungstrakte (KENDEIGH 1974, ZBINDEN 1980) sind weitere entscheidende Anpassungen. Der Schneefink hat den grossen Vorteil, dass er sich neben dem reichen natürlichen Angebot an Alpenpflanzensamen, bei Nahrungsengpässen infolge starker, langandauernder Schneefälle und 100%iger Schneebedeckung, auf die Winterfütterung durch den Menschen abstützen kann (WEHRLE 1989).

Infolge guter Nahrungsversorgung bei jeder Witterung und dem unten beschriebenen Mikroklima an den Schlafplätzen, könnte Hypothermie höchstens in 20 Nächten pro Monat mit Aussen Temperaturen unter  $-10^{\circ}\text{C}$  eine Rolle spielen.

Die Verhaltensanpassungen und die daraus folgenden thermischen Vorteile dürften beim Schneefinken den Schlüsselfaktor darstellen. Die Schneefinken verlassen am Abend immer den Siedlungsraum, um ihre Schlafplätze in den vertikalen Felswänden aufzusuchen. Die festen Flugwege dürften die optimalen Routen darstellen, zumal sie ein gleichmässiges Aufsteigen (bis 1000 m) zu den bis auf 3000 m hoch gelegenen Schlafstellen ermöglichen. Im Gebirge sind ähnliche Leistungen bisher nur von der Alpendohle (BÜCHEL 1983) und der Alpenbraunelle (*Prunella collaris*, eigene Beobachtungen) bekannt.

Der Schneefink übernachtet einzeln oder nach der Paarbildung, wie Haussperling (*Passer domesticus*, DUNSHEATH & DONCASTER 1941, CREUTZ 1949) und Feldsperling (*Passer montanus*, DECKERT 1962, BURKHARD 1965) ab Februar/März zu zweit in den engen Felsrissen. Das Kontaktschlafen mit den Vorteilen der Wärmeerhaltung durch gegenseitiges Wärmen (RIEHM 1970, HAFTORN 1972, KELTY & LUSTICK 1977, WALSBURG & KING 1980, CHAPLIN 1982) oder sogar des Aufwärmens des lokalen Mikroklimas der Schlafhöhle, wie z.B. beim Zwergkleiber (*Sitta pygmaea*) um bis zu  $9^{\circ}\text{C}$  mit darauffolgender Energieersparnis von 20% (HAY 1983 in GÜNTERT 1986) findet keine Anwendung.

Die Schlafplätze des Schneefinken bieten selbst bei grössten Unwettern besten Schutz und sind für das Überleben der langen Winternacht der entscheidende Faktor. Das Aufsuchen von geschlossenen Räumen zum Übernachten wird in vielfältiger Form angewendet. So schlafen z.B. Alpendohlen in Felswänden (BÜCHEL 1974), Rauhfußhühner (Tetraonidae) in selbstgegrabenen Schneehöhlen (GLUTZ VON BLOTZHEIM *et al.* 1973); HOMANN (1965) berichtet von Feldsperlingen (*Passer montanus*), welche mit Schnabel und Kopf Löcher in den Schnee bohren und in diesen Höhlen übernachten. Infolge der schwierigen Beobachtung wissen wir wenig über das Verbringen der Nacht in Schneehöhlen bei Kleinvögeln, doch deuten die Arbeiten von IRVING (1960) über die Schneeammer (*Plectrophenax nivalis*), von SULKAVA (1969) über den Birkenzeisig (*Acanthis flammea*) und die Zusammenfassung von NOVIKOV (1972) darauf hin, dass die Schneedecke in der Subarktis und Arktis bei tiefen Temperaturen wesentlich häufiger zum Übernachten benutzt wird, als bisher angenommen. Der Schneefink schläft nie in Schneehöhlen, sucht aber immer die gleichen Felsspalten auf. Dies erlaubt ihm, unabhängig von der Schneebeschaffenheit (nur lockerer Pulverschnee erlaubt das Anlegen von Höhlen), immer geschützte Orte zum Schlafen vorzufinden.

In den engen und kompakten Felsspalten herrscht ein günstiges Mikroklima, welches bei den nächstgelegenen Häusern in Egl nicht vorhanden ist. Vergleichsmessungen im Winter in zum Brüten benutzten Nistkästen an Häusern haben ergeben, dass die Daten mit den Werten der zentralen Meteostation übereinstimmen. Die Nistkästen sind den häufigen Winden voll ausgesetzt, so dass immer ein Ausgleich mit den Aussenbedingungen, wie auch von KENDEIGH (1961) beschrieben, stattfindet. Die kompakten Felswände kühlen

sich infolge des Windschutzes und möglicherweise auch durch Abstrahlung (Radiation) im Innern weniger schnell ab als die freistehenden anthropogenen Bauten.

Die engen Höhlen im Felsinnern sind jedoch praktisch vollständig vom Fels umschlossen und verhindern durch ihre Struktur und die kleine Eingangsöffnung das Eindringen von Luftströmungen, welche die vom Körper aufgewärmten Luftschichten in den aufgeplusterten Federn abführen und ein neues Aufheizen mit erhöhter Wärmeproduktion zur Folge hätten. Beobachtungen an in Volieren gehaltenen Schneefinken zeigen, dass die Schlafhaltung derjenigen der meisten Singvögel entspricht: das Tier ist zu einer Kugel aufgeplustert, steht auf einem Bein und der Kopf liegt unter einer Flügeldecke. Gemäss STEEN (1958) wird durch diese Verhaltensweise die Körperoberfläche verkleinert, die Wärmeisolation gesteigert und der Vogel kann 10-30% des täglichen Grundstoffwechsels einsparen. Der Wärmeverlust durch Übertragung wird auf ein Minimum beschränkt, da nur ein Fuss mit dem Felsen, der die gleiche Temperatur wie die Luft in der Höhle aufweist, in Berührung kommt. Die schmalen Höhlen von einigen cm Breite verkleinern auch die Konvektion, d.h. die zwischen Vogel und Fels liegende windstille Luft vermindert den Wärmeaustausch (MOORE 1945). Die Höhlen sind jedoch genügend gross, um ein vollständiges Aufplustern der Vögel zu erlauben. Windstille am Übernachtungsplatz ist gemäss KELTY & LUSTICK (1977) der wichtigste mikroklimatische Parameter und erlaubt eine Energieersparnis von 12-38% des täglichen Grundstoffwechsels und eine Herabsetzung des Wärmeverlustes durch Konvektion auf null (MAYER *et al.* 1982).

Egl liegt an der oberen Grenze des an etwa 50 Tagen pro Winter sich bildenden Nebelmeeres, welches die Luftfeuchtigkeit stark beeinflusst. Die Schlafplätze entgehen dank ihrer Höhe den feucht-nassen Zonen und bieten dem Schneefink trockenere Luft mit grösserem Isolationswert. Dies bedeutet, dass er Energie einsparen dürfte: einerseits beim Aufheizen der Luftschichten im Federkleid und andererseits durch die bessere Abschirmung der ihn umgebenden windstillen Luft. Der Wärmeverlust durch Verdunstung ist bei tiefen Temperaturen vernachlässigbar (CALDER & KING 1974, MAYER *et al.* 1982).

In einer durchschnittlichen Winternacht mit einer Lufttemperatur von  $-2^{\circ}\text{C}$  am Schlafplatz in der Eiger-Nordwand hat der Schneefink im Ruhezustand einen Energieverbrauch von 63,5 kJ (berechnet nach KENDEIGH *et al.* 1977). Würde er in Egl in Nistkästen an Häusern übernachten, wäre ein Anstieg des Energiebedarfes auf 69,3 kJ, d.h. um 9,1% die Folge. Die Felsspalten gewinnen bei sinkender Aussentemperatur an Bedeutung, da der Unterschied zwischen der Temperatur im Felsspalt und der Aussentemperatur, wie von KENDEIGH (1961) für Nistkästen im Tiefland beschrieben, immer grösser wird. Ein Übernachten in Egl bei  $-27^{\circ}\text{C}$  hätte für den Schneefink während der 15-stündigen Winternacht einen Energieverbrauch von 100,6 kJ zur Folge. In den Felsspalten am Eiger verbraucht er bei  $-9^{\circ}\text{C}$  hingegen nur 73,7 kJ und kann damit den Energieaufwand um bis zu 36,3% senken. Die Schlafplätze in den Felsspalten dürften für das Überleben an jeweils 9-18 mit  $-10^{\circ}\text{C}$  und an 1-5 Tagen pro Monat mit  $-20^{\circ}\text{C}$  Aussentemperatur von besonderer Bedeutung sein. Die Energieersparnis durch günstiges Mikroklima am Schlafplatz wird auch durch KENDEIGH (1961) mit 10% und MAYER *et al.* (1982) mit bis zu 50% erwähnt. WALSBERG & KING (1980) hingegen, messen dem Mikroklima als Faktor für die Wahl des Schlafplatzes im Falle der Wanderdrossel (*Turdus migratorius*) keine grosse Bedeutung zu und erachten den Predationsschutz als wichtiges Kriterium.

Der energetische Aufwand für den täglichen Aufstieg von bis zu 1000 m dürfte vernachlässigbar sein. Gemäss unseren Berechnungen nach KENDEIGH *et al.* (1977) verbraucht der Schneefink für den etwa 3 km langen Flugweg (horizontal) 2,6 kJ. Selbst bei Addition der zusätzlichen Kosten des Aufstieges, welche nicht berechnet werden

konnten, lohnt sich der Aufwand; überdies während des Aufstieges in Egl, durch das reiche anthropogene Streufutterangebot, der Kropf nochmals gefüllt wird. Der Anflug entlang dem Westgrat des Eigers bietet zudem einen gleichmässigen Anstieg und eine Fülle von Rastmöglichkeiten, welche sich energiesparend auswirken dürften.

Die Bedeutung der nie zum Brüten benutzten Übernachtungsorte für das Überleben wird durch deren starke Verteidigung, selbst gegenüber Artgenossen, unterstrichen; was sogar bei in Gefangenschaft lebenden Vögeln festgestellt werden konnte (HEINROTH & HEINROTH 1926, eigene Beobachtungen).

Die hochgelegenen Schlafplätze erlauben dem Schneefinken nach der langen Winter- nacht ein müheloses und energiesparendes Aufsuchen der tiefergelegenen Futterplätze, d.h. die Vögel könnten das Risiko eingehen, ihre Fettreserven bis zum Morgen weitgehend abzubauen. Bei einem täglichen Energiebedarf von 168 kJ bei  $-20^{\circ}\text{C}$  (WEHRLE 1988, 1989) und einem -verbrauch von bis zu 75 kJ pro Nacht dürfte dies von entscheidender Bedeutung sein.

## 6.2. RAUMNUTZUNG

Die Dichte der Sch-Winterpopulation beträgt 0,37 Ind./ha, welche bei Berücksichtigung der Hangneigungen noch weit geringer wäre. Bestandeszählungen im Herbst und Winter im Glocknergebiet (Oesterreichische Zentralalpen) auf zwei verschiedenen Probeflächen ergaben für den Schneefinken 0,08 bzw. 0,11 Ind./ha. Für andere alpine Arten, wie z.B. die Alpenbraunelle (*Prunella collaris*) mit 0,13 Ind./ha und den Wasserpieper (*Anthus spinoletta*) mit 0,64 bzw. 0,4 Ind./ha, wurden ebenfalls geringe Dichten ermittelt (WINDING 1982).

Der Sch-WAR erlaubt dem Schneefinken ein optimales Ausnutzen aller Möglichkeiten zum Überleben. Selbst bei schlechtesten Wetterbedingungen stieg der Schneefink in den Wintern 1982-88 nie in die Täler ab und erschien auch nicht in Wengen oder Grindelwald. Bezüglich vertikaler Bewegungen liegt aus diesem Gebiet nur die Beobachtung von H. Brunner (briefl.) vor, der am 11.4.78 nach ergebnissen Schneefällen Schneefinken unterhalb von Wengen auf 1200 m nachweisen konnte. Nicht zu unterschätzende Vorteile dürfte die Anlehnung an den Menschen bei Nahrungsempässen während extremer Verhältnisse bieten (WEHRLE 1989). Das touristisch gut erschlossene Gebiet der Sch hält dieser Art genügend Möglichkeiten bereit. In diesem Sinne stellt der Massentourismus für den mobilen Schneefinken einen Vorteil dar. Zum Ruhen können jederzeit unzugängliche und damit störungsfreie Warten und Felswände aufgesucht werden.

Die häufigen und starken Sturmwinde mit Windstärken von über 100 km/h scheinen die Schneefinken gezielt für eine energiesparende Fortbewegung zu nutzen. Die langgezogenen, spitzen Flügel (Kipp'scher Handflügelindex 41-44) sind dabei von grossem Vorteil; sie erlauben weiträumige Streifzüge ohne wesentlichen Energieaufwand. Die Mehrzahl der Gebirgs- und Tundrenbewohner weist eine relativ spitze Flügelform auf (*Grandala coelicolor* als höchstbrütender Singvogel im Himalaya und Tibet, Index 42; Schneeammer (*Plectrophenax nivalis*) 41-44) und wird den Streckenfliegern zugeordnet (KIPP 1959). Das Leben im Schwarm, mit den damit verbundenen häufigen Ortswechseln zur Nahrungssuche und der grossen Empfindlichkeit gegenüber Störungen, ist mit der Entwicklung von hochangepassten spitzen Flügeln gekoppelt (KIPP 1976).

## 7. DANK

Mein Dank geht an alle, die durch ihr Entgegenkommen und ihre Unterstützung diese Arbeit ermöglicht haben.

Herr Prof. Dr. U. Glutz von Blotzheim war der Leiter meiner Dissertation. Der Jungfrauabahn AG, speziell Herrn Direktor Dr. R. Hirni und den Angestellten im Depot Eigergletscher, danke ich für die grosse Unterstützung, welche eine grundlegende Voraussetzung für diese Untersuchungen war und auch die farbigen Abbildungen dieser Publikation ermöglicht hat. Finanzielle Hilfe habe ich zudem vom Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung (Projekt Nr. 3.010.-0.84), von der Basler Stiftung für biologische Forschung und von der Stiftung Dr. J. de Giacomi erhalten. Folgende Firmen haben das Projekt unterstützt; AC Delco Europe, Arova-Mammut AG, Autophon AG, Robert Bosch AG, Faglas AG, Stoet Electronics, Schiltknecht Messtechnik AG. Die Schweizer Armee ermöglichte uns durch die Lieferung von Material die Durchführung der Arbeiten am Eiger. Dem Technischen Dienst der Universität Bern, besonders Herrn O. Schütz, danke ich für den Bau der verschiedenen Spezialkonstruktionen, welche die Montagearbeiten im Fels sehr vereinfacht haben. Herr K. Gertsch hat mir durch seine Fertigkeit beim Bau verschiedenster Geräte die Feldarbeit entscheidend erleichtert. Herrn F. Gertsch bin ich für die Hilfe im Bereich der Basisstation sehr zu Dank verpflichtet. Die Erschliessung der Felswände am Eiger ist durch die grosse Hilfe der Bergführer D. Anker, R. Brinkmann und H. P. Siegrist möglich geworden. Die elektronischen Anlagen sind in Zusammenarbeit mit dem Laboratoire de Physique Solaire Jungfrauoch, Prof. Dr. L. Delbouille, entwickelt worden. Besonders herzlichen Dank schulde ich Herrn Dr. F. Golliez, durch dessen grosse Hilfe in der Elektronik und EDV die Anlagen funktionstüchtig geworden sind.

## ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegenden Ergebnisse vermitteln einen ersten Einblick in die Raumnutzung einer Schneefinken-Population im Winter und Sommer im Jungfraugebiet (Berner Oberland, Schweiz) und prüfen die Bedeutung der Winterschlafplätze für das Überleben im Hochgebirgswinter.

Der untersuchte Raum (Jungfrauoch 46°33'N/7°59'E) hat eine Fläche von ca. 110 km<sup>2</sup> und liegt in der alpin-nivalen Stufe (1800-4150 m). Planbeobachtungen, Farbberingung und automatische Mikroklimamessungen liegen den Aussagen zu Grunde.

1. Der winterliche Aufenthaltsraum (WAR) umfasst eine Fläche von etwa 19 km<sup>2</sup> und ist an Grate und Pässe gebunden. Die Höhenlage bewirkt eine karge, busch- und baumfreie Vegetation.

2. Der WAR der, bei normaler Bestandsgrösse, ca. 600-800 Individuen umfassenden Population ist in Fress- und Schlafplätze unterteilt. Der Nahrungserwerb erfolgt in den Nordwänden von Eiger, Mönch und Jungfrau, den Westwänden der Kette Lauberhorn - Tschuggen und bei den Bahnstationen Eigergletscher, Kl. Scheidegg und Salzegg. Die Schlafplätze befinden sich ausschliesslich in den senkrechten Kalkwänden von Mönch, Rotstock und Eiger.

3. Der Einfluss der Witterung auf die räumliche Nutzung des WAR ist sehr gross und wird durch das Einhalten eines bestimmten Raum-Zeitplanes gekennzeichnet; bei gutem Wetter werden über Mittag auch die entlegensten WAR-Teile genutzt. Bei schlechter Witterung beschränkt sich die Aktivität auf die Nähe der menschlichen Siedlungen und die dortigen Futterstellen (0730-1700 Uhr) sowie die Schlafräume in den Felswänden (1700-0730 Uhr).

4. Der Übergang von Winter- auf Brutzeitverhältnisse ist durch eine grosse Aufsplitterung der Winterpopulation und die Bildung von Brutkolonien (2-6 Paare) geprägt. Im WAR halten sich zur Brutzeit in den Jahren 1981-83 noch etwa 50 Paare auf, welche zu 1/3 im Fels (bis zu 300 m über Grund), zu 2/3 an Häusern und Skiliftmasten brüten. Die verteidigten Schlafplätze werden nie als Brutplätze benutzt. Der Rest der Population verteilt sich zur Brutzeit vom oberen Simmental bis zum Urner Reusstal über mindestens 650 km<sup>2</sup>. Erste Fernfunde von Schweizer Brutvögeln liegen vom Col du Pas (Gard, Frankreich, 440 km Luftlinie, 1♂) und vom Patscherkofel (Österreich, 300 km Luftlinie, 3♂) vor.

5. Die Schneefinken verlassen den menschlichen Siedlungsraum am Abend und steigen auf dem Flug zum Schlafplatz unter Ausnutzung des Geländes immer auf den gleichen Wegen von 1900 m bis auf 2500-3000 m. Dort schlafen sie einzeln oder (nach der Paarbildung im Februar/März) zu zweit in 10-500 m auseinanderliegenden engen Felsspalten.

6. Die Lufttemperatur ist im Schlafplatzraum in der Eiger-Nordwand um durchschnittlich 1,5°C höher als im Tagesaufenthaltsgebiet. In den als Winterschlafplatz gewählten und verteidigten Felsspalten sinkt die Temperatur auch bei Aussentemperaturen von etwa -25°C nicht unter -10°C; sie bewegt sich normalerweise um 0 - -4,4°C. Die relative Luftfeuchtigkeit liegt im Mittel bei bloss 41%; überdies herrscht in den Spalten infolge ihrer Struktur und der kleinen Eingangsöffnung Windstille. Sie sind mikroklimatisch günstiger als die nicht benutzten Risse in gleicher Höhe oder die Nistkästen an den nächst-, bis zu 700 m tieferliegenden Häusern. Der mikroklimatische Unterschied wird bei zunehmender Kälte zugunsten der Schlafplätze grösser. Die Temperaturdifferenz zwischen den Schlafstellen und den Nistkästen in Eigergletscher steigt von durchschnittlich 4°C auf bis zu 16°C an, und die relative Luftfeuchtigkeit kann um bis zu 50% geringer sein.

7. Das günstige Mikroklima am Schlafplatz bewirkt, dass der Schneefink pro Winter- nacht durchschnittlich 10% und bei tiefen Aussentemperaturen unter -25°C bis zu 36% an Energie einsparen kann.

8. Die Einschränkung des Aktivitätsraumes mit Anlehnung an den Menschen bei schlechtem Wetter, das Schlafverhalten, die mikroklimatisch günstigen Schlafplätze, das Ausnutzen der häufigen und starken Winde zur energiesparenden Fortbewegung sind die wichtigen Anpassungen des Schneefinken an den Hochgebirgswinter.

#### SUMMARY

The present results give a first impression on the home range use in winter and summer of a snowfinch population in the Jungfrau Region (Bernese Oberland, Switzerland) and examine the significance of the winter roosting sites for the birds' survival.

The area studied (Jungfraujoche 46°33'N/7°59'E) has a surface of about 110 km<sup>2</sup> and lies in the alpine-nival zone (1800-4150 m above sea level).

Direct observations, colour-ringing and automatic microclimate measurements are the basis of the following statements.

1. The winter home range (WAR) has a surface of about 19 km<sup>2</sup> and is circumscribed by ridges and passes. The poor, bush- and tree-free vegetation is the result of the high altitude.

2. The WAR is divided into feeding and sleeping places. The snowfinch population comprises 600-800 individuals in normal conditions. The birds feed on the north faces of the Eiger, Mönch and Jungfrau, the west faces of the Lauberhorn - Tschuggen range and

near the Eigergletscher, Kl. Scheidegg and Salzegg railway stations. The roosting sites are without exception in the vertical limewalls of the Mönch, Rotstock and Eiger.

3. The effect of the weather on the spacial use of the WAR is considerable and is characterised by a special space-time plan. In good weather, even the remote parts of the WAR are used at midday. In bad conditions, activity is limited to the areas around sites of human habitation and the birds' feeding places (7.30 a.m. - 5 p.m.) and the roosting sites in the rock walls (5 p.m. - 7.30 a.m.).

4. The change from winter to breeding conditions is characterised by a splitting-up of the winter population and the formation of breeding colonies (2-6 pairs). During the breeding seasons of 1981-83, there were about 50 pairs breeding, 1/3 in the rock (up to 300 m above ground) and 2/3 on houses and skilift masts. The winter roosting sites are defended but never used as breeding places. The rest of the population distributes itself at breeding time from the Simmental to the Ursener Reusstal, at least over an area of 650 km<sup>2</sup>. The first remote discoveries of birds that had bred in Switzerland were made at the Col du Pas (Gard, France, 440 km air distance, 1♂) and the Patscherkofel (Austria, 300 km air distance, 3♂).

5. The snowfinches leave the areas surrounding human habitation in the evening and move from 1900 m to the roosting sites at 2500-3000 m. Taking advantage on the relief, they always use the same ways up the mountains. They sleep alone or (after mating in February/March) in twos in rock crevaces, which are 10-500 m apart.

6. The air temperature in the sleeping area on the north face of the Eiger is on average 1.5°C higher than in the daily home range. In the crevaces which are chosen as winter roosting places the temperature does not fall lower than -10°C, even with outside temperatures of -25°C. Normally the temperatures in the roosting crevaces are between 0 and -4.4°C. The relative humidity shows an average of only 41%. The inside of the selected crevaces used as roosting places is, due to their structure and the small entrance, free from air circulation. They are microclimatically better than the not-used crevaces at the same height or the nest-boxes at the nearest houses, which are situated 700 m lower. With growing cold, the difference in microclimate increases to the advantage of the roosting places. The difference in temperature between the sleeping places and the nest-boxes in Eigergletscher rises from a mean of 4°C up to 16°C. The relative humidity is up to 50% lower.

7. The snowfinch can save 10% and, in low outside temperatures below -25°C, up to -36% of energy as a result of the good microclimate conditions of the roosting places.

8. The most important adaptations of the snowfinches to the high alpine winter are the restriction of the area where the birds are active and their staying close to human surroundings in very bad weather conditions, their sleeping behaviour, the microclimate of the sleeping places, their taking advantage of the strong and frequent winds which allow energy-saving locomotion.

#### RÉSUMÉ

Les résultats obtenus donnent un premier aperçu concernant l'utilisation de l'espace en hiver et en été par une population de niverolles dans la région de la Jungfrau (Oberland Bernois, Suisse) et permettent d'analyser l'importance des dortoirs hivernaux pour la survie en haute montagne durant l'hiver.

Le milieu étudié (Jungfraujoeh 46°33'N/7°59'E) a une superficie d'environ 110 km<sup>2</sup> et se situe à l'étage alpin-nival (1800-4150 m). Les méthodes utilisées sont l'observation



directe, le baguage en couleur et des mesures automatiques de microclimat par un système de télémétrie.

1. L'habitat hivernal (WAR) comprend une surface d'environ 19 km<sup>2</sup> et est formé en majorité par des cols et des arêtes. Sous l'influence de l'altitude, la végétation est rare, sans arbustes ni arbres.

2. La population compte en situation normale environ 600-800 individus. Le WAR se divise en lieux d'approvisionnement et dortoirs. Les niverolles se nourrissent dans les faces nord de l'Eiger, du Mönch et de la Jungfrau, dans les faces ouest de la chaîne du Lauberhorn-Tschuggen et près des stations de chemin de fer d'Eigergletscher, de la Kl. Scheidegg et de Salzegg. Les dortoirs sont situés — sans exception — dans les faces calcaires et verticales du Mönch, du Rotstock et de l'Eiger.

3. L'influence des conditions météorologiques sur l'utilisation spatiale du WAR est très grande et se caractérise par une organisation espace-temps spéciale: lors de bonnes conditions météorologiques, les niverolles utilisent aussi, dans les heures de midi, les parties les plus éloignées du WAR. Lors de mauvaises conditions, l'activité se restreint aux environs des sites humains avec des lieux d'approvisionnement (0730-1700) et les zones des dortoirs dans les falaises (1700-0730).

4. Le passage des conditions hivernales à la phase de reproduction est caractérisé par une grande dispersion de la population hivernale et la formation de colonies de reproduction (2-6 couples). Durant les années 1981-1983 se sont reproduits environ 50 couples dans le WAR. Un tiers des nids se trouvaient dans le roc (jusqu'à 300 m au-dessus du sol), 2/3 sous les toits des maisons et sur les pylônes des téléskis. Les dortoirs sont défendus, mais jamais utilisés comme site de reproduction. Le reste de la population se répand pendant la période de reproduction du Simmental jusqu'au Urner Reusstal sur un domaine de 650 km<sup>2</sup> au minimum. Les premières niverolles découvertes le plus loin du site de reproduction suisse ont été trouvées au Col du Pas (Gard, France, 440 km en ligne directe, 1 ♂) et au Patscherkofel (Autriche, 300 km en ligne directe, 3 ♂).

5. Les niverolles quittent les localités humaines le soir et montent de 1900 jusqu'à 2500-3000 m pour atteindre les dortoirs toujours par la même voie en utilisant le relief pour faciliter le vol en montée. Une fois arrivées elles dorment en solitaires ou (après l'accouplement en février/mars) à deux dans des fissures qui sont espacées de 10-500 m dans les parois rocheuses.

6. La température de l'air dans la zone des dortoirs de la face nord de l'Eiger est en moyenne 1,5°C plus haute que dans la zone d'activité journalière. Dans les crevasses choisies comme dortoir et défendues par le détenteur contre les autres individus de la même espèce, la température ne descend pas à moins de -10°C, même si la température extérieure est de -25°C; normalement elle oscille entre 0 et -4,4°C. L'humidité relative se situe en moyenne à 41%; de plus, la structure et l'entrée très étroite des fissures protège des courants d'air. Le microclimat dans les fentes utilisées par les niverolles est plus favorable que dans les fissures non employées à même altitude ou dans les nichoirs installés sous les toits des maisons situées jusqu'à 700 m plus bas. L'avantage microclimatique en faveur des dortoirs grandit, lorsque la température extérieure s'abaisse. La différence de température entre les dortoirs de la face nord de l'Eiger et les autres croît de 4°C en moyenne jusqu'à 16°C au maximum, l'humidité relative peut être jusqu'à 50% inférieure.

7. Le microclimat favorable dans les fissures a pour conséquence que la niverolle gagne en moyenne 10% en énergie par nuit hivernale et lors de températures extérieures très basses, en dessous de -25°C, jusqu'à 30%.

8. Les adaptations les plus importantes de la niverolle aux conditions hivernales de la haute montagne sont la diminution de l'espace d'activité et le rapprochement de l'homme lors de mauvaises conditions météorologiques, le comportement nocturne, l'exploitation des conditions microclimatiques favorables dans les fissures qui servent de dortoirs et la mise à profit des vents forts et fréquents pour un déplacement très économique en énergie.

## 8. LITERATUR

- AICHHORN, A. 1969. Lautäusserungen des Schneefinken (*Montifringilla nivalis* Linnaeus) und Begattungsverhalten der Alpenbraunelle (*Prunella collaris* Scopoli). *Zool. Anz. Supp.* 32: 690-706.
- BOSSERT, A. 1980. Winterökologie des Alpenschneehuhns im Aletschgebiet, Schweizer Alpen. *Orn. Beob.* 77: 121-166.
- BÜCHEL, P. 1974. Beobachtungen über die winterliche Kulturfolge, die Brutbiologie sowie einige vermutlich angeborene Verhaltensweisen der Alpendohle. *Mitt. Naturf. Ges. Luzern* 24: 72-94.
- 1983. Beiträge zum Sozialverhalten der Alpendohle *Pyrrhocorax graculus*. *Orn. Beob.* 80: 1-28.
- BURKHARD, S. 1965. Beitrag zur Ethologie des Feldsperlings, *Passer montanus*. *Beitr. Vogelkde* 10: 380-385.
- CALDER, W. A. & J. R. KING. 1974. Thermal and caloric relations of birds. In FARNER, D. S., J. R. KING & K. C. PARKES (eds.): *Avian Biology IV*. Academic Press, New York, 259-413.
- CHAPLIN, S. B. 1982. The energetic significance of huddling behavior in Common Bushtits (*Psaltriparus minimus*). *Auk* 99: 424-430.
- CHEYLAN, G. 1973. Les déplacements de la niverolle *Montifringilla nivalis* et son hivernage en France méridionale. *Alauda* 41: 213-226.
- CODY, M. L. 1966. A general theory of clutch size. *Evolution* 20: 174-184.
- COLLET, L. W. & E. PARÉJAS. 1931. Matériaux pour la carte géologique de la Suisse: Géologie de la chaîne de la Jungfrau. Berne.
- CREUTZ, G. 1949. Untersuchungen zur Brutbiologie des Feldsperlings (*Passer m. montanus* L.). *Zool. Jb. (Syst.)* 78: 133-172.
- DECKERT, G. 1962. Zur Ethologie des Feldsperlings (*Passer m. montanus* L.). *J. Orn.* 103: 428-486.
- DUNSHEATH, M. H. & C. C. DONCASTER. 1941. Some observations on roosting birds. *Brit. Birds* 35: 138-148.
- FASEL, M. & N. ZBINDEN. 1984. Kausalanalyse zum Verlauf der südlichen Arealgrenze des Alpenschneehuhns *Lagopus mutus*. *Orn. Beob.* 80: 231-246.
- GÉROUDET, P. 1974. A propos des observations de Niverolles en dehors de leur aire alpine. *Nos Oiseaux* 32: 275-276.
- GESSAMAN, J. A. 1972. Bioenergetics of the Snowy Owl (*Nyctea scandiaca*). *Arct. Alp. Res.* 4: 223-238.

- GLUTZ VON BLOTZHEIM, U. N., K. M. BAUER & E. BEZZEL. 1973. Handbuch der Vögel Mitteleuropas, Bd. 5. Akademische Verlagsgesellschaft, Frankfurt am Main.
- GÜNTERT, M. 1986. Gruppenbildung beim Zwergkleiber *Sitta pigmaea* - eine Strategie zum Überleben kalter Winter. *Orn. Beob.* 83: 275-280.
- HAARTMAN, L. VON. 1957. Adaptation in hole-nesting birds. *Evolution* 11: 339-347.
- HAFTORN, S. 1972. Hypothermia of tits in the arctic winter. *Ornis Scand.* 3: 153-166.
- HAY, D. B. 1983. Physiological and behavioral ecology of communally roosting Pygmy Nuthatches (*Sitta pygmaea*). Ph. D. thesis. Northern Arizona Univ., Flagstaff, Arizona.
- HEINIGER, Ph. H. 1989. Arthropoden auf Schneefeldern und in schneefreien Habitaten im Jungfrau-gebiet (Berner Oberland, Schweiz). *Mitt. Schweiz. Entomol. Ges.* 62: 375-386.
- HEINROTH, O. & M. HEINROTH. 1924-1933. Die Vögel Mitteleuropas in allen Lebens- und Entwicklungsstufen photographisch aufgenommen und in ihrem Seelenleben bei der Aufzucht vom Ei ab beobachtet. Berlin.
- HOMANN, K. 1965. Zur Nächtigungsweise von Feldsperlingen. *Falke* 12: 176.
- IRVING, I. & J. KROG. 1955. Temperature of skin in the arctic as a regulator of heat. *J. appl. Physiol.* 7: 355-364.
- IRVING, L. 1960. Birds of Anaktuvuk Pass, Kobuk and Old Crow; a study in arctic adaptation. *U.S. Natl. Museum, Bull.* Smithsonian Institution, Washington D.C. 217: 1-409.
- JÄRVINEN, A. 1983. Breeding strategies of hole-nesting passerines in northern Lapland. *Ann. Zool. Fenn.* 20: 129-149.
- 1984. The breeding ecology of hole-nesting passerines in extreme northern conditions. *Kilpisjärvi Notes* 8: 1-12.
- KELTY, M. P. & S. I. LUSTICK. 1977. Energetics of the Starling (*Sturnus vulgaris*) in a pine woods. *Ecology* 58: 1181-1185.
- KENDEIGH, S. C. 1961. Energy of birds conserved by roosting in cavities. *Wilson Bull.* 73: 140-147.
- 1974. Bioenergetics. In KENDEIGH, S. C. & J. PINOWSKI (eds.): The role and control of granivorous birds in the ecosystem. Cambridge University Press, London.
- KENDEIGH, S. C., V. R. DOLNIK & V. M. GAVRILOV. 1977. Avian energetics. In PINOWSKI, J. & S. C. KENDEIGH (eds.): Granivorous birds in ecosystems. IBP 12, Cambridge University Press, New York.
- KIPP, F. A. 1959. Der Handflügelindex als Biologisches Mass. *Vogelwarte* 20: 77-86.
- 1976. Das Leben in Flugschwärmen und seine Auswirkungen auf den Flügelbau. *Vogelwarte* 28: 171-180.
- LANG, E. M. 1939. Beitrag zur Brutbiologie des Schneefinken, *Montifringilla nivalis* (L.). *Orn. Beob.* 36: 141-145.
- 1946. Über die Brutgewohnheiten des Schneefinken, *Montifringilla nivalis nivalis* (L.). *Orn. Beob.* 43: 33-43.
- MAYER, L., S. LUSTICK & B. BATTERSBY. 1982. The importance of cavity roosting and hypothermia to the energy balance of the winter acclimatized Carolina Chickadee. *Int. Biometeor.* 26: 231-238.
- MOORE, A. D. 1945. Winter night habits of birds. *Wilson Bull.* 57: 253-260.
- NOVIKOV, G. A. 1972. The use of under-snow refuges among small birds of the sparrow family. *Aquilo, Ser. Zool.* 13: 95-97.

- PAULI, H. R. 1974. Zur Winterökologie des Birkhuhns (*Tetrao tetrix*) in den Schweizer Alpen. *Orn. Beob.* 71: 247-278.
- 1978. Zur Bedeutung von Nährstoffgehalt und Verdaulichkeit der wichtigsten Nahrungspflanzen des Birkhuhns *Tetrao tetrix* in den Schweizer Alpen. *Orn. Beob.* 75: 57-84.
- PULLIAINEN, E. 1977. Habitat selection and breeding biology of box-nesting birds in north-eastern Finnish Forest Lapland. *Aquilo, Ser. Zool.* 17: 7-22.
- RIEHM, H. 1970. Ökologie und Verhalten der Schwanzmeise (*Aegithalos caudatus* L.), *Zool. Jb. Syst.* 97: 338-400.
- SCHOLANDER, P. F., V. WALTERS, R. HOCK & L. IRVING. 1950a. Body insulation of some arctic and tropical mammals and birds. *Biol. Bull.* 99: 225-236.
- 1950b. Heat regulation in some arctic and tropical mammals and birds. *Biol. Bull.* 99: 237-258.
- 1950c. Adaptation to cold in body temperature, insulation and basal metabolic rate. *Biol. Bull.* 99: 259-271.
- STEEN, J. B. 1958. Climatic adaptation in some small northern birds. *Ecology* 39: 625-629.
- SULKAVA, S. 1969. On small birds spending the night in the snow. *Aquilo, Ser. Zool.* 7: 33-37.
- WALSBERG, G. E. & J. R. KING. 1980. The thermoregulatory significance of the winter roost-sites selected by Robins in eastern Washington. *Wilson Bull.* 92: 33-39.
- WEHRLE, C. M. 1988. Zur Ökologie des Schneefinken (*Montifringilla nivalis*) im Hochgebirge. I. Zur Winternahrung des Schneefinken. II. Zur Brutbiologie des Schneefinken in der Vorlege-Periode (Besiedlung des Brutgebietes, Wahl des Neststandortes, Nestbau). Lizentiatsarbeit Zool. Inst. Univ. Bern. Typoskript 71 S.
- 1989. Zur Winternahrung des Schneefinken *Montifringilla nivalis*. *Orn. Beob.* 86: 53-68.
- WEST, G. C. 1976. Seasonal adaptations of birds to cold. In JOHNSON, H. D. (ed.): *Progress in animal biometeorology*. Swets & Zeitlinger, Amsterdam.
- WINDING, N. 1982. Ökologie von Kleinvögeln im Hochgebirge (Glocknergebiet, Österreichische Zentralalpen): I. Gemeinschaftsstruktur und Bemerkungen zur Territorialität und zu anthropogenen Einflüssen. Dissertation Zool. Inst. Univ. Salzburg. Mskr.
- ZBINDEN, N. 1980. Zur Verdaulichkeit und umsetzbaren Energie von Tetraoniden-Winternahrung und zum Erhaltungsbedarf des Birkhuhns (*Tetrao tetrix*) in Gefangenschaft mit Hinweisen auf Verdauungsversuche. *Vogelwelt* 101: 1-18.